

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日                      2 0 0 2 年 1 0 月 2 5 日  
Date of Application:

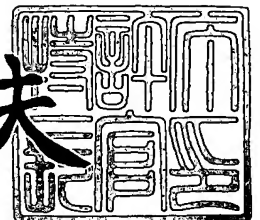
出 願 番 号                      特 願 2 0 0 2 - 3 1 0 8 7 4  
Application Number:  
[ST. 10/C]:                      [ J P 2 0 0 2 - 3 1 0 8 7 4 ]

出 願 人                      日 立 金 属 株 式 会 社  
Applicant(s):

2 0 0 3 年 1 2 月 1 5 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康 夫



【書類名】 特許願  
【整理番号】 JK02057  
【あて先】 特許庁長官殿  
【国際特許分類】 H04B 1/44  
H03F 1/32

## 【発明者】

【住所又は居所】 埼玉県熊谷市三ヶ尻 5 2 0 0 番地 日立金属株式会社先端エレクトロニクス研究所内

【氏名】 林 健児

## 【特許出願人】

【識別番号】 000005083  
【氏名又は名称】 日立金属株式会社  
【代表者】 本多 義弘

## 【手数料の表示】

【予納台帳番号】 010375  
【納付金額】 21,000円

## 【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1  
【物件名】 図面 1  
【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 高周波複合部品及び複合積層モジュール並びにこれらを用いた通信機

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 高周波増幅器回路と、その高周波増幅回路で増幅された高周波信号を処理する後段の高周波回路とを位相調整回路を介して接続した高周波複合部品であって、

前記位相調整回路において後段の高周波回路と高周波増幅器回路とを繋ぐ接続基準面から後段の高周波回路側を見たときのインピーダンス $Z_2$ の位相 $\theta_2$ を $-125$ 度 $\sim 90$ 度の領域に位相調整したことを特徴とする高周波複合部品。

【請求項 2】 高周波増幅器回路と、その高周波増幅回路で増幅された高周波信号を処理する後段の高周波回路とを位相調整回路を介して接続した高周波複合部品であって、

前記位相調整回路において後段の高周波回路と高周波増幅器回路とを繋ぐ接続基準面から高周波増幅器側を見たときのインピーダンス $Z_1$ と、前記接続基準面から後段の高周波回路側を見たときのインピーダンス $Z_2$ との関係が、 $Z_1$ の位相 $\theta$ の共役整合の関係にある位相を $\theta_1$ としたとき、前記インピーダンス $Z_2$ の位相 $\theta_2$ を必要な基本周波数帯域においては $\theta_1 \pm 90$ 度の共役整合領域に位相調整したことを特徴とする高周波複合部品。

【請求項 3】 高周波増幅器回路と、その高周波増幅回路で増幅された高周波信号を処理する後段の高周波回路とを位相調整回路を介して接続した高周波複合部品であって、

前記位相調整回路において後段の高周波回路と高周波増幅器回路とを繋ぐ接続基準面から高周波増幅器側を見たときのインピーダンス $Z_1$ と、前記接続基準面から後段の高周波回路側を見たときのインピーダンス $Z_2$ との関係が、 $Z_1$ の位相 $\theta$ の共役整合の関係にある位相を $\theta_1$ としたとき、前記インピーダンス $Z_2$ の位相 $\theta_2$ を必要な基本周波数帯域においては $\theta_1 \pm 90$ 度の共役整合領域内であって、且つ $-125$ 度 $\sim 90$ 度の範囲と重なる領域に位相調整したことを特徴とする高周波複合部品。

。

【請求項 4】 前記後段の高周波回路が、通過帯域が異なる複数の送受信系に信号を分波する分波回路と、前記分波回路に接続され、前記各送受信系のそれぞれに送信系と受信系を切り替えるスイッチ回路とを有し、前記スイッチ回路の各送信系にはローパスフィルタを有した高周波スイッチ回路であることを特徴とする請求項 1～3 の何れかに記載の高周波複合部品。

【請求項 5】 前記後段の高周波回路にカプラ回路、アイソレータ回路、フィルタ回路のうちの少なくとも 1 種を含むことを特徴とする請求項 1～4 の何れかに記載の高周波複合部品。

【請求項 6】 通過帯域が異なる複数の送受信系に信号を分波する分波回路と、前記分波回路に接続され、前記各送受信系のそれぞれに送信系と受信系を切り替えるスイッチ回路を有し、前記スイッチ回路の各送信系にローパスフィルタを有し、前記分波回路は LC 回路で構成され、前記スイッチ回路はスイッチング素子と伝送線路を主構成とし、前記ローパスフィルタは LC 回路で構成され、前記分波回路の LC 回路、前記ローパスフィルタの LC 回路及び前記スイッチ回路の伝送線路の少なくとも一部は、電極パターンと誘電体層との積層体内に、前記電極パターンにより構成し、前記スイッチング素子や LC 回路等の一部を構成するチップ素子は前記積層体上に配置して構成された高周波スイッチ積層モジュール部と、

少なくとも半導体素子と電源供給回路と整合回路とを有し、前記電源供給回路と整合回路を構成する伝送線路及び LC 回路の少なくとも一部は、電極パターンと誘電体層との前記積層体内に、前記電極パターンにより構成し、前記半導体素子や LC 回路等の一部を構成するチップ素子は前記積層体上に配置して構成された高周波増幅器積層モジュール部と、

前記高周波スイッチ積層モジュール部と高周波増幅器積層モジュール部とを繋ぐ位相調整回路を、伝送線路あるいは LC 回路で構成し、この伝送線路あるいは LC 回路の少なくとも一部は、電極パターンと誘電体層との前記積層体内に、前記電極パターンにより構成し、

前記位相調整回路により、後段の高周波回路と高周波増幅器回路とを繋ぐ接続基準面から後段の高周波回路側を見たときのインピーダンス  $Z_2$  の位相  $\theta_2$  を  $-125$

度～90度の領域に位相調整したことを特徴とする複合積層モジュール。

【請求項7】 通過帯域が異なる複数の送受信系に信号を分波する分波回路と、前記分波回路に接続され、前記各送受信系のそれぞれに送信系と受信系を切り替えるスイッチ回路を有し、前記スイッチ回路の各送信系にローパスフィルタを有し、前記分波回路はLC回路で構成され、前記スイッチ回路はスイッチング素子と伝送線路を主構成とし、前記ローパスフィルタはLC回路で構成され、前記分波回路のLC回路、前記ローパスフィルタのLC回路及び前記スイッチ回路の伝送線路の少なくとも一部は、電極パターンと誘電体層との積層体内に、前記電極パターンにより構成し、前記スイッチング素子やLC回路等の一部を構成するチップ素子は前記積層体上に配置して構成された高周波スイッチ積層モジュール部と、

少なくとも半導体素子と電源供給回路と整合回路とを有し、前記電源供給回路と整合回路を構成する伝送線路及びLC回路の少なくとも一部は、電極パターンと誘電体層との前記積層体内に、前記電極パターンにより構成し、前記半導体素子やLC回路等の一部を構成するチップ素子は前記積層体上に配置して構成された高周波増幅器積層モジュール部と、

前記高周波スイッチ積層モジュール部と高周波増幅器積層モジュール部とを繋ぐ位相調整回路を、伝送線路あるいはLC回路で構成し、この伝送線路あるいはLC回路の少なくとも一部は、電極パターンと誘電体層との前記積層体内に、前記電極パターンにより構成し、

前記位相調整回路において高周波スイッチ積層モジュール側と高周波増幅器積層モジュール側とを繋ぐ接続基準面から高周波増幅器積層モジュール側を見たときのインピーダンス $Z1$ と、前記接続基準面から前記高周波スイッチ積層モジュール側を見たときのインピーダンス $Z2$ との関係が、 $Z1$ の位相 $\theta$ の共役整合の関係にある位相を $\theta1$ としたとき、前記インピーダンス $Z2$ の位相 $\theta2$ を必要な基本周波数帯域においては $\theta1 \pm 90$ 度の共役整合領域に位相調整したことを特徴とする複合積層モジュール。

【請求項8】 通過帯域が異なる複数の送受信系に信号を分波する分波回路と、前記分波回路に接続され、前記各送受信系のそれぞれに送信系と受信系を切

り替えるスイッチ回路を有し、前記スイッチ回路の各送信系にローパスフィルタを有し、前記分波回路は LC 回路で構成され、前記スイッチ回路はスイッチング素子と伝送線路を主構成とし、前記ローパスフィルタは LC 回路で構成され、前記分波回路の LC 回路、前記ローパスフィルタの LC 回路及び前記スイッチ回路の伝送線路の少なくとも一部は、電極パターンと誘電体層との積層体内に、前記電極パターンにより構成し、前記スイッチング素子や LC 回路等の一部を構成するチップ素子は前記積層体上に配置して構成された高周波スイッチ積層モジュール部と、

少なくとも半導体素子と電源供給回路と整合回路とを有し、前記電源供給回路と整合回路を構成する伝送線路及び LC 回路の少なくとも一部は、電極パターンと誘電体層との前記積層体内に、前記電極パターンにより構成し、前記半導体素子や LC 回路等の一部を構成するチップ素子は前記積層体上に配置して構成された高周波増幅器積層モジュール部と、

前記高周波スイッチ積層モジュール部と高周波増幅器積層モジュール部とを繋ぐ位相調整回路を、伝送線路あるいは LC 回路で構成し、この伝送線路あるいは LC 回路の少なくとも一部は、電極パターンと誘電体層との前記積層体内に、前記電極パターンにより構成し、

前記位相調整回路において高周波スイッチ積層モジュール側と高周波増幅器積層モジュール側とを繋ぐ接続基準面から高周波増幅器積層モジュール側を見たときのインピーダンス  $Z1$  と、前記接続基準面から前記高周波スイッチ積層モジュール側を見たときのインピーダンス  $Z2$  との関係が、 $Z1$  の位相  $\theta$  の共役整合の関係にある位相を  $\theta 1$  としたとき、前記インピーダンス  $Z2$  の位相  $\theta 2$  を必要な基本周波数帯域においては  $\theta 1 \pm 90$  度の共役整合領域内であって、且つ  $-125$  度  $\sim 90$  度の範囲と重なる領域に位相調整したことを特徴とする複合積層モジュール。

【請求項 9】 2 つ以上の異なる周波数の信号を 1 つのアンテナを共用して送受信する通信機であって、請求項 1  $\sim$  5 の何れかに記載の高周波複合部品あるいは請求項 6  $\sim$  8 の何れかに記載の複合積層モジュールに前記 1 つの共用アンテナを接続して搭載したことを特徴とする通信機。

【発明の詳細な説明】

## 【 0 0 0 1 】

## 【発明の属する技術分野】

本発明は2つ以上の異なる周波数の信号を1つのアンテナを共用して送受信する無線通信システムに関し、マルチバンド型のアンテナスイッチ回路と高周波増幅器回路を複合化した高周波複合部品及びこれらを一つの積層体に構成したマルチバンド型の複合積層モジュール並びにこれらを用いた通信機に関するものである。

## 【 0 0 0 2 】

## 【従来の技術】

携帯無線システムには、例えば主に欧州で盛んなEGSM(Extended Global System for Mobile Communications)方式およびDCS(Digital Cellular System)方式、米国で盛んなPCS(Personal Communication Service)方式、日本で採用されているPDC(Personal Digital Cellular)方式などの時分割マルチプルアクセス(TDMA)を用いた様々なシステムがある。昨今の携帯電話の急激な普及に伴い、特に先進国の主要な大都市部においては各システムに割り当てられた周波数帯域ではシステム利用者を賄いきれず、接続が困難であったり、通話途中で接続が切断するなどの問題が生じている。そこで、利用者が複数のシステムを利用できるようにして、実質的に利用可能な周波数の増加を図り、さらにサービス区域の拡充や各システムの通信インフラを有効活用することが提唱されている。

従来、複数のシステムに対応した小型軽量の高周波回路部品として、例えばEGSMとDCSの2つのシステムに対応した携帯通信機に用いられるデュアルバンド対応の高周波スイッチモジュールが特開平11-225088号公報に開示されている。また、EGSM、DCS、PCSの3つのシステムに対応した携帯通信機に用いられるトリプルバンド対応の高周波スイッチモジュールが特開2000-165288号公報で提案されている。

## 【 0 0 0 3 】

図15にトリプルバンド高周波スイッチモジュールのブロック構成の一例を示す。アンテナANT端子に接続された分波器(ダイプレクサDip)によりEGSMの周波数帯の信号とDCS/PCSの周波数帯の信号を分波し(逆方向では合成するが、本明

細書では分波で説明する。)、第1の高周波スイッチSW1はEGSM送信端子TxとEGSM受信端子Rxとを切り替え、第2の高周波スイッチSW2はDCS/PCS送信端子TxとDCS受信端子Rx及びPCS受信端子Rxとを切り替える。ローパスフィルタLPF1、LPF2は送信経路に挿入されハイパワーアンプで発生する高調波歪発生量を低減する。バンドパスフィルタSAW1、SAW2、SAW3はアンテナANTからの受信信号のうち不要周波数成分を除去し、必要成分だけをローノイズアンプに送る。従って、EGSM送信端子TxとDCS/PCS送信端子Txの前段にはハイパワーアンプHPA1、HPA2が設けられ、EGSM受信端子RxとDCS受信端子Rx及びPCS受信端子Rxの後段にはローノイズアンプLNA1、LNA2、LNA3が設けられている。

#### 【0004】

携帯通信機の小型軽量化の要求は依然として強く、部品の共有化や機能を集約したモジュール化が進められている。例えば、図15の点線で囲まれた回路部品は、LTCC (Low Temperature Co-fired Ceramics) 等の誘電体シートを多層に積み重ねた積層体内に伝送線路やコンデンサを電極パターンにより形成し、ダイオード等を積層体上に搭載したマルチバンド用アンテナスイッチモジュールASMとして実現されている(ここではアンテナまでを含めてアンテナスイッチモジュールと言うが高周波スイッチモジュールと言い換えても良い。以下同様。)。また、一点鎖線で囲まれた範囲のモジュール化についてもディスクリートのSAWフィルタを積層体上に搭載した形で実現されている。

#### 【0005】

一方、携帯通信機の送信側では比較的大電力の信号を出力するために、数W程度のハイパワーアンプ(本発明ではパワーアンプ等と区別をせず高周波増幅器と言うがパワーアンプ、アンプ等と記す場合がある。)が用いられる。携帯電話機等は小型で低消費電力にする必要があるため、DC電力の大部分を消費するハイパワーアンプには、DC-RF電力変換効率(電力付加効率とも言う。)が高く小型であることが求められる。特に携帯電話機等においては、機器が小型であることと、電池の1回充電当たりの通話時間の長さが製品の重要なセールス・ポイントであるために、ハイパワーアンプの小型化と高効率化が必須である。ハイパワーアンプまで含めた回路部品のモジュール化は検討課題であるが、実際LTCC等



で積層モジュール化することは実現されていない。

#### 【0006】

これらアンプとアンテナ或いはアンテナスイッチモジュールに關与する従来技術として、受信専用アンテナとアンプを積層体上に搭載し両者間に位相調整回路を設けたアンテナ装置が特開 2000-183612 号公報にある。しかしながら、このものはアンプから漏れた電磁波を当該受信専用アンテナ（パッチアンテナ）自身が受信した場合の閉ループの位相ずれを調整するためのものであった。即ち、高周波スイッチ機能を複合化したものではない。

また、複数の誘電体層を積層してなる多層基板に高周波スイッチとアンプを構成する伝送線路やコンデンサを内蔵し、多層基板上にトランジスタ等を搭載してモジュール化することが特開平 10-126307 号公報に示されている。しかし、このものでは構想を示すだけで両者を一体化したときの現実的な問題点や手段は何ら開示されておらず実現困難なものであった。

さらに、ハイパワーアンプとこの出力電力をモニタするカプラを一体化し、両者間の整合をスプリアス周波数において非共役整合に設定した高周波用送信モジュールが特開 2002-171137 号公報に開示されている。しかしながら、この高周波用送信モジュールは、ハイパワーアンプとカプラのモジュール化を対象とするものであり、高周波部品間の挿入損失低減と高調波減衰特性の劣化についての具体的な解決手段は提示されていない。

#### 【0007】

##### 【発明が解決しようとする課題】

以上のように、従来、マルチバンド用のアンテナスイッチモジュールと高周波増幅器回路までを一つの積層体内に複合モジュール化して実現した例は見当たらない。従い、携帯通信機の組立てメーカでは、既存の高周波増幅器回路と既存の高周波スイッチモジュールを種々組み合わせ、変換効率や高調波発生量等の送信特性もしくはアンテナ出力特性をモニタした結果、相性の良い組み合わせを選定する設計手法に留まっているのが実情である。

高周波増幅器 HPA とアンテナスイッチモジュール ASM を整合を図りながら一つの積層体内に複合モジュール化することが考えられる（図 15 の ASM+HPA の範囲）

。しかしながら、複合モジュール化して小型化は図れたとしても、ディスクリートで組み合わせた場合と同様の問題が解決されるわけではない。例えば、高周波増幅器の出力端子とアンテナスイッチモジュールの送信端子はそれぞれ略 $50\Omega$ 整合を狙って設計されるが、各々が厳密に $50\Omega$ になっているわけではなく、可能な範囲で $50\Omega$ 近辺に設定されている場合が一般的である。例えば、高周波増幅器HPA側が $45\Omega$ で位相 $120^\circ$ の位置にあり、アンテナスイッチモジュールASM側が $52\Omega$ で位相 $80^\circ$ の位置にあったとしてもお互い $50\Omega$ 整合しているとは見なしている。結局、送信帯域におけるスミスチャート中央の $50\Omega$ 近辺を狙ってはいるが、お互いのリアクタンスまでも含んだインピーダンス関係を考慮していない。結果として必要周波数帯域での損失が大きくなったり、また不要周波数帯域での減衰量が不十分であったりと言った問題が生じる。

#### 【0008】

他方、アンテナスイッチモジュール単体では送信帯域の広帯域化を図っていたとしても、高周波増幅器と接続した後の全体特性を測定すると、送信帯域が広帯域となっていない場合がある。これは、高周波増幅器の後段に接続される負荷、この場合はアンテナスイッチモジュールによって高周波増幅器内部に変化が生じるからである。具体的には、高周波増幅器の出力端子側は最終増幅段の半導体素子とその後段で出力端子までを接続する出力整合回路で構成されているが、この出力整合回路の入力インピーダンス $Z_4$ に変化が生じるからである。

#### 【0009】

本発明はこのような問題に鑑み、送信帯域での広帯域整合を実現すること、必要な基本周波数帯域での挿入損失を最小に抑えること、そしてこれらを同時に実現する高周波複合部品を提供するものである。また、これらを一つの積層体内に構成し小型軽量化を図った複合積層モジュールを提供し、さらにこれらを用いた通信機を提供するものである。

#### 【0010】

##### 【課題を解決するための手段】

本発明は、高周波増幅器回路と、その高周波増幅回路で増幅された高周波信号を処理する後段の高周波回路とを位相調整回路を介して接続した高周波複合部品

であって、前記位相調整回路において後段の高周波回路と高周波増幅器回路とを繋ぐ接続基準面から後段の高周波回路側を見たときのインピーダンス $Z_2$ の位相 $\theta_2$ を $-125^\circ \sim 90^\circ$ の領域に位相調整した高周波複合部品である。ここで、 $-125^\circ \sim 90^\circ$ の領域とはスミスチャート上で0点から時計回りの $-125^\circ \sim -180^\circ$ の範囲と、反時計回りの $90^\circ \sim 180^\circ$ の範囲をまとめて $-125^\circ \sim 90^\circ$ としている。

#### 【0011】

本発明は、高周波増幅器回路と、その高周波増幅回路で増幅された高周波信号を処理する後段の高周波回路とを位相調整回路を介して接続した高周波複合部品であって、前記位相調整回路において後段の高周波回路と高周波増幅器回路とを繋ぐ接続基準面から高周波増幅器側を見たときのインピーダンス $Z_1$ と、前記接続基準面から後段の高周波回路側を見たときのインピーダンス $Z_2$ との関係が、 $Z_1$ の位相 $\theta$ の共役整合の関係にある位相を $\theta_1$ としたとき、前記インピーダンス $Z_2$ の位相 $\theta_2$ を必要な基本周波数帯域においては $\theta_1 \pm 90^\circ$ の共役整合領域に位相調整した高周波複合部品である。

#### 【0012】

本発明は、高周波増幅器回路と、その高周波増幅回路で増幅された高周波信号を処理する後段の高周波回路とを位相調整回路を介して接続した高周波複合部品であって、前記位相調整回路において後段の高周波回路と高周波増幅器回路とを繋ぐ接続基準面から高周波増幅器側を見たときのインピーダンス $Z_1$ と、前記接続基準面から後段の高周波回路側を見たときのインピーダンス $Z_2$ との関係が、 $Z_1$ の位相 $\theta$ の共役整合の関係にある位相を $\theta_1$ としたとき、前記インピーダンス $Z_2$ の位相 $\theta_2$ を必要な基本周波数帯域においては $\theta_1 \pm 90^\circ$ の共役整合領域内であって、且つ $-125^\circ \sim 90^\circ$ の範囲と重なる領域に位相調整した高周波複合部品である。

#### 【0013】

上記した後段の高周波回路としては、通過帯域が異なる複数の送受信系に信号を分波する分波回路と、前記分波回路に接続され、前記各送受信系のそれぞれに送信系と受信系を切り替えるスイッチ回路とを有し、前記スイッチ回路の各送信系にはローパスフィルタを有した高周波スイッチ回路とすることができる。

また、後段の高周波回路としては、カプラ回路、アイソレータ回路、フィルタ回路のうちの少なくとも1種で構成することが出来るし、高周波増幅器回路と高周波スイッチ回路との間にカプラ回路、アイソレータ回路、フィルタ回路のうちの少なくとも1種を挿入して構成することも出来る。

#### 【0014】

本発明は、通過帯域が異なる複数の送受信系に信号を分波する分波回路と、前記分波回路に接続され、前記各送受信系のそれぞれに送信系と受信系を切り替えるスイッチ回路を有し、前記スイッチ回路の各送信系にローパスフィルタを有し、前記分波回路はLC回路で構成され、前記スイッチ回路はスイッチング素子と伝送線路を主構成とし、前記ローパスフィルタはLC回路で構成され、前記分波回路のLC回路、前記ローパスフィルタのLC回路及び前記スイッチ回路の伝送線路の少なくとも一部は、電極パターンと誘電体層との積層体内に、前記電極パターンにより構成し、前記スイッチング素子やLC回路等の一部を構成するチップ素子は前記積層体上に配置して構成された高周波スイッチ積層モジュール部と、少なくとも半導体素子と電源供給回路と整合回路とを有し、前記電源供給回路と整合回路を構成する伝送線路及びLC回路の少なくとも一部は、電極パターンと誘電体層との前記積層体内に、前記電極パターンにより構成し、前記半導体素子やLC回路等の一部を構成するチップ素子は前記積層体上に配置して構成された高周波増幅器積層モジュール部と、前記高周波スイッチ積層モジュール部と高周波増幅器積層モジュール部とを繋ぐ位相調整回路を、伝送線路あるいはLC回路で構成し、この伝送線路あるいはLC回路の少なくとも一部は、電極パターンと誘電体層との前記積層体内に、前記電極パターンにより構成し、前記位相調整回路により、後段の高周波回路と高周波増幅器回路とを繋ぐ接続基準面から後段の高周波回路側を見たときのインピーダンス $Z_2$ の位相 $\theta_2$ を $-125^\circ \sim 90^\circ$ の領域に位相調整した複合積層モジュールである。

#### 【0015】

本発明は、通過帯域が異なる複数の送受信系に信号を分波する分波回路と、前記分波回路に接続され、前記各送受信系のそれぞれに送信系と受信系を切り替えるスイッチ回路を有し、前記スイッチ回路の各送信系にローパスフィルタを有し

、前記分波回路はLC回路で構成され、前記スイッチ回路はスイッチング素子と伝送線路を主構成とし、前記ローパスフィルタはLC回路で構成され、前記分波回路のLC回路、前記ローパスフィルタのLC回路及び前記スイッチ回路の伝送線路の少なくとも一部は、電極パターンと誘電体層との積層体内に、前記電極パターンにより構成し、前記スイッチング素子やLC回路等の一部を構成するチップ素子は前記積層体上に配置して構成された高周波スイッチ積層モジュール部と、少なくとも半導体素子と電源供給回路と整合回路とを有し、前記電源供給回路と整合回路を構成する伝送線路及びLC回路の少なくとも一部は、電極パターンと誘電体層との前記積層体内に、前記電極パターンにより構成し、前記半導体素子やLC回路等の一部を構成するチップ素子は前記積層体上に配置して構成された高周波増幅器積層モジュール部と、前記高周波スイッチ積層モジュール部と高周波増幅器積層モジュール部とを繋ぐ位相調整回路を、伝送線路あるいはLC回路で構成し、この伝送線路あるいはLC回路の少なくとも一部は、電極パターンと誘電体層との前記積層体内に、前記電極パターンにより構成し、前記位相調整回路において高周波スイッチ積層モジュール側と高周波増幅器積層モジュール側とを繋ぐ接続基準面から高周波増幅器積層モジュール側を見たときのインピーダンス $Z1$ と、前記接続基準面から前記高周波スイッチ積層モジュール側を見たときのインピーダンス $Z2$ との関係が、 $Z1$ の位相 $\theta$ の共役整合の関係にある位相を $\theta 1$ としたとき、前記インピーダンス $Z2$ の位相 $\theta 2$ を必要な基本周波数帯域においては $\theta 1 \pm 90$ 度の共役整合領域に位相調整した複合積層モジュールである。

#### 【0016】

本発明は、通過帯域が異なる複数の送受信系に信号を分波する分波回路と、前記分波回路に接続され、前記各送受信系のそれぞれに送信系と受信系を切り替えるスイッチ回路を有し、前記スイッチ回路の各送信系にローパスフィルタを有し、前記分波回路はLC回路で構成され、前記スイッチ回路はスイッチング素子と伝送線路を主構成とし、前記ローパスフィルタはLC回路で構成され、前記分波回路のLC回路、前記ローパスフィルタのLC回路及び前記スイッチ回路の伝送線路の少なくとも一部は、電極パターンと誘電体層との積層体内に、前記電極パターンにより構成し、前記スイッチング素子やLC回路等の一部を構成するチップ

ブ素子は前記積層体上に配置して構成された高周波スイッチ積層モジュール部と、少なくとも半導体素子と電源供給回路と整合回路とを有し、前記電源供給回路と整合回路を構成する伝送線路及びLC回路の少なくとも一部は、電極パターンと誘電体層との前記積層体内に、前記電極パターンにより構成し、前記半導体素子やLC回路等の一部を構成するチップ素子は前記積層体上に配置して構成された高周波増幅器積層モジュール部と、前記高周波スイッチ積層モジュール部と高周波増幅器積層モジュール部とを繋ぐ位相調整回路を、伝送線路あるいはLC回路で構成し、この伝送線路あるいはLC回路の少なくとも一部は、電極パターンと誘電体層との前記積層体内に、前記電極パターンにより構成し、前記位相調整回路において高周波スイッチ積層モジュール側と高周波増幅器積層モジュール側とを繋ぐ接続基準面から高周波増幅器積層モジュール側を見たときのインピーダンス $Z1$ と、前記接続基準面から前記高周波スイッチ積層モジュール側を見たときのインピーダンス $Z2$ との関係が、 $Z1$ の位相 $\theta$ の共役整合の関係にある位相を $\theta1$ としたとき、前記インピーダンス $Z2$ の位相 $\theta2$ を必要な基本周波数帯域においては $\theta1 \pm 90$ 度の共役整合領域内であって、且つ $-125$ 度 $\sim 90$ 度の範囲と重なる領域に位相調整した複合積層モジュールである。

#### 【0017】

本発明は、通信機上記した高周波複合部品または複合積層モジュールに1つの共用アンテナを接続して搭載した通信機となすことができる。

#### 【0018】

##### 【発明の実施の形態】

本願発明者は、高周波増幅器回路と後段の高周波回路との位相関係が送信時の整合帯域幅および挿入損失に及ぼす影響について検討した。図5に示すように高周波増幅器PAと出力整合回路MNとアンテナスイッチモジュールASMを接続し、その前段に移相器PSを挿入したモデルを用いた。図5において、出力整合回路MNの入力インピーダンス $Z4$ について、ASM側の位相変化と出力整合回路MNの入力インピーダンス $Z4$ の送信帯域における偏差との関係を調べた。その結果を図1にASM側位相と $Z4$ のインピーダンス偏差の関係を示し、図2にスミスチャート上での位置を示す。なお、図1において、横軸はアンテナスイッチモジュールASM側の入力位

相を、左縦軸に出力整合回路の入力端から見たインピーダンス $Z_4$ のMAG(インピーダンスの絶対値、スミスチャート上では半径)偏差を、右縦軸に出力整合回路の入力端から見たインピーダンス $Z_4$ のDEG(位相角度、スミスチャート上では中央右ショート位置からの角度)偏差を示している。偏差であるので、各々が小さいほど帯域でのインピーダンス変化が少ないことを意味し、すなわち、両者が小さい領域で広帯域整合が図れることを意味する。許容範囲として、MAG偏差は横軸X1で示す0.09以下を許容範囲とした。DEG偏差は0を中心とした横軸X2で示す範囲で±0.6度とした。

#### 【0019】

次に、アンテナスイッチモジュールASMの前に移相器PSを置き、接続基準面から見た高周波増幅器側のインピーダンス $Z_1$ を固定し、アンテナスイッチモジュール側のインピーダンス $Z_2$ を変化させ、ASM側の位相変化と挿入損失及び基本周波数と2倍波、3倍波周波数における減衰量について調べた。基本周波数における結果を図3にASM側入力位相と挿入損失の特性線図で示し、図4に位相関係をスミスチャート上に示した。

尚、本発明では便宜上、高周波増幅器側のインピーダンス $Z_1$ を固定し、後段のアンテナスイッチモジュール(高周波回路)側のインピーダンス $Z_2$ を変化調整した例に基づいて説明するが、逆にアンテナスイッチモジュール(高周波回路)側のインピーダンス $Z_2$ を固定し、高周波増幅器側のインピーダンス $Z_1$ を変化調整することでも本発明は実施できる。さらに、両側(高周波増幅器HPA、アンテナスイッチモジュールASM)を適宜調整することでも本発明は実施できる。

また、本発明では高周波スイッチ回路、高周波スイッチモジュールに対しアンテナを接続した場合にアンテナスイッチ回路、アンテナスイッチモジュールと呼んでおり、これらに実質的な相違はない。このことは特許請求の範囲についても言えることである。

#### 【0020】

以上の検討の結果、位相変化と挿入損失や高調波減衰量には密接な関係があることを知見した。これをまとめると、

- (1) インピーダンス $Z_4$ の変化量(偏差)を抑えることにより送信帯域の広帯域

整合化が図られる。即ち、MAG偏差とDEG偏差が共に小さい位相範囲に調整することにより広帯域を実現できる。これは図1よりDEG偏差が $X2$ の範囲内にあって、且つMAG偏差が $X1$ 以下の範囲が相当する。その範囲の端点を $\Delta$ で示した。このように $-125^\circ \sim -180^\circ$ と $90^\circ \sim 180^\circ$ の範囲であることが分かる。よって、接続基準面から見たアンテナスイッチモジュール（高周波回路）側のインピーダンス $Z2$ の位相 $\theta 2$ を図2のスミスチャート上で表す $-125^\circ \sim 90^\circ$ の領域に位相調整すれば送信帯域の広帯域整合化が実現できる。

(2) 基準面から見たアンテナスイッチモジュール側の位相 $\theta 2$ が、高周波増幅器側の位相 $\theta$ の符号を反転させた位相 $\theta 1 (-\theta)$ のとき挿入損失及び減衰量は最小となる。即ち、インピーダンス $Z1$ の共役インピーダンスに相当する位相 $\theta 1$ で挿入損失が最小となる。基本周波数帯域を示した図3において山である $-130^\circ$ 付近が最小挿入損失であり、共役整合位置であることを示している。また、そこから $180^\circ$ ずれた位置に谷があり、高挿入損失であることを示している。図3が正弦波的な波形をしていることから、この波形の中央より上を許容すると、基本周波数ではインピーダンス $Z2$ の位相 $\theta 2$ を $\theta 1 \pm 90^\circ$ の範囲に位相調整すれば低挿入損失が実現できる。

(3) 基準面から見たアンテナスイッチモジュール側の位相 $\theta 2$ が、 $\theta 1$ の逆位相 $\theta 0 (\theta 1 \pm 180^\circ)$ で挿入損失及び減衰量は最大となる。よって、不要周波数帯域についてはインピーダンス $Z2$ の位相 $\theta 2$ を $\theta 1$ の逆位相 $\theta 0$ を含む非共役整合の領域に位相調整すれば2倍、3倍波高調波を効果的に減衰することができる。

#### 【0021】

尚、共役インピーダンスとは、あるインピーダンスに対して複素共役の関係にあるインピーダンスである。等しい抵抗成分と大きさが等しく符号が反対のリアクタンス分をもつインピーダンスの関係をいい、 $\theta$ のインピーダンス $(R + jX)$ と $\theta 1$ のインピーダンス $(R - jX)$ は複素共役である。このような関係を共役整合と言いインピーダンス整合が実現する。ここで $(R + jX)$ と $(R - jX)$ による共役整合が理想的で最適であるが、 $(R' - jX)$ というリアクタンス部分のみを考慮し調整するだけでも効果があることを本検討により知見した。また、インピーダンス $(R + jX)$ 全てを合わせるのは難しいが、少なくとも位相



を考慮すれば十分な効果があり、且つ現実的な調整手段であることが分かった。

#### 【0022】

以上のことより、第1の発明は、インピーダンス $Z_2$ の位相 $\theta_2$ を $-125^\circ \sim 90^\circ$ の領域に位相調整することにより、送信帯域での広帯域整合を図るものである。

第2の発明は、インピーダンス $Z_2$ の位相 $\theta_2$ を共役インピーダンス $\theta_1 \pm 90^\circ$ の領域に位相調整することにより、基本周波数帯域において低挿入損失を図るものである。

第3の発明は、インピーダンス $Z_2$ の位相 $\theta_2$ を $\theta_1 \pm 90^\circ$ の共役整合領域内で、且つ $-125^\circ \sim 90^\circ$ の範囲と重なる領域に位相調整することにより、送信帯域での広帯域整合を図ると共に、基本周波数帯域において低挿入損失を実現するものである。

#### 【0023】

また、不要な2倍波、3倍波の $n$ 次高調波周波数帯域においては高調波減衰量を最大にするために、この周波数帯域においてはインピーダンス $Z_2$ の位相 $\theta_2$ を非共役整合に相当する範囲に位相調整するものである。 $\theta_2$ の調整範囲は最大減衰量に対し5dB劣化を許容する場合 $\theta_0 \pm 120^\circ$ の領域とし、好ましくは3dB劣化を許容する $\theta_0 \pm 90^\circ$ であり、更に好ましくは $\theta_0 \pm 45^\circ$ である。尚、ここでの位相 $\theta_2$ は $n$ 次高調波周波数帯域を対象とするもので、上記した第1、第2の発明の基本周波数帯域における $\theta_2$ とは別である。このように高調波回路では周波数 $f$ によって、インピーダンス $Z$ が変化するため、同じインピーダンス $Z_2$ であっても、見るべき周波数が異なれば、それだけ異なった $\theta_2$ が存在する。例えば、第1の発明では広帯域整合を狙うための $\theta_2$ であり、第2の発明では基本波での低挿入損失を狙う $\theta_2$ である。そして $n$ 倍波の減衰量を最大に狙う $\theta_2$ があるという具合である。

#### 【0024】

以下、本発明の複合高周波部品と複合積層モジュールの一実施例を、アンテナスイッチモジュールと高周波増幅器を例に図面を参照して説明する。図6にEGSM、DCS、PCSトリプルバンド用アンテナスイッチモジュールの等価回路図を示す。図7に高周波増幅器の等価回路図を示し、図8に位相調整回路を説明する回路を

示す。図9は位相調整を説明する図、図10はローパスフィルタの例であり、図11はハイパスフィルタの例である。図12は位相調整後の周波数と電力付加効率の関係を示し、図13は位相調整の状況を示すスミスチャート図である。図14は複合積層モジュールの誘電体シートの一部展開図である。

#### 【0025】

図6においてダイプレクサDipは、伝送線路L1～L4および容量C1～C4により構成される。伝送線路L2と容量C1は直列共振回路を形成し、DCS帯域（送信周波数：1710～1785MHz、受信周波数：1805～1880MHz）およびPCS帯域（送信周波数：1850～1910MHz、受信周波数：1930～1990MHz）に共振周波数を持つように設計する。本例では1.8GHzに減衰極をあわせた。また、伝送線路L4と容量C3は直列共振回路を形成し、EGSM帯域（送信周波数：880～915MHz、受信周波数：925～960MHz）に共振周波数を持つように設計する。本例では0.9GHzに減衰極をあわせた。この回路により、EGSM系の信号とDCS/PCS系の信号とを分波合成することが可能となる。伝送線路L1、L3はDCS/PCS系の信号の周波数にとって高インピーダンスになるようにある程度の長さに設定するのが好ましい。これによりDCS/PCS系の信号がEGSM系の経路へ伝送しにくくなる。逆に容量C2、C4はEGSM系の信号の周波数にとって高インピーダンスになるように比較的小さい容量値に設定されるのが好ましい。これによりEGSM系の信号がDCS/PCS系の経路へ伝送しにくくなる。

#### 【0026】

第1のスイッチ回路SW1は、容量C5、C6、伝送線路L5、L6、PINダイオードD1、D2、および抵抗R1により構成される。伝送線路L5、L6はEGSMの送信周波数帯において $\lambda/4$ 共振器となるように伝送線路の長さを設定する。ただし、伝送線路L5はEGSMの送信周波数においてグラウンドレベルがオープン（高インピーダンス状態）に見える程度のチョークコイルでも代用可能である。この場合インダクタンス値は10～100 nH程度が望ましい。抵抗R1はコントロール電源VC1がHigh状態での第1、第2のダイオードD1、D2に流れる電流を決定する。本例では100 $\Omega$ ～200 $\Omega$ を使用した。容量C5、C6はコントロール電源のDCカットのために必要である。コントロール電源VC1がHighの時にはPINダイオードD2には接続ワイヤなどの寄生インダクタンスが存在するため、これを打ち消すように容量C6と直列共振させる。容量C

6の容量値は適宜設定する。

#### 【0027】

以上によりコントロール電源VC1がHighの時には、第1、第2のダイオードD1、D2は共にONとなり、第2のダイオードD2と伝送線路L6の接続点がグラウンドレベルとなり、 $\lambda/4$ 共振器である伝送線路L6の反対側のインピーダンスが無限大となる。したがって、コントロール電源VC1がHighの時にはダイプレクサDip~EGSM Rx間の経路では信号は通過できず、ダイプレクサDip~EGSM Tx間の経路では信号が通過しやすくなる。一方、コントロール電源VC1がLowの時には第1のダイオードD1もOFFとなりダイプレクサDip~EGSM Tx間の経路では信号は通過できず、また第2のダイオードD2もOFFであるので、ダイプレクサDip~EGSM Rx間の経路では信号が通過しやすくなる。以上の構成により、EGSM信号の送受信の切り替えが可能となる。

#### 【0028】

第2のスイッチ回路SW2は、容量C7~C10、伝送線路L7~L10、PINダイオードD3~D6、および抵抗R2、R3により構成される。伝送線路L7~L10はDCS/PCSの信号の周波数において $\lambda/4$ 共振器となるように伝送線路の長さを設定する。ただし、伝送線路L7、L9はそれぞれDCSの送信周波数において、PCSの送信周波数においてグラウンドレベルがオープン（高インピーダンス状態）に見える程度のチョークコイルでも代用可能である。この場合インダクタンス値は5~60nH程度が望ましい。抵抗R2はコントロール電源VC2がHigh状態での第3、第4のダイオードD3、D4に流れる電流を決定する。本例では100 $\Omega$ ~200 $\Omega$ を使用した。抵抗R3はコントロール電源VC3がHigh状態での第5、第6のダイオードD5、D6に流れる電流を決定する。本実施例では100 $\Omega$ ~2k $\Omega$ を使用した。容量C7、C8、C10はコントロール電源のDCカットのために必要である。またコントロール電源VC2がHighの時にはPINダイオードD4には接続ワイヤなどの寄生インダクタンスが存在するため、容量C7と直列共振するように容量C7の容量値を設定する。

#### 【0029】

以上によりコントロール電源VC2がHighの時には、第3、第4のダイオードD3、D4は共にONとなり、第4のダイオードD4と伝送線路L8の接続点がグラウンドレベ

ルとなり、 $\lambda/4$ 共振器である伝送線路L8の反対側のインピーダンスが無限大となる。したがって、コントロール電源VC2がHighの時にはダイプレクサDip~PCS RxおよびダイプレクサDip~DCS Rx間の経路では信号は通過できず、ダイプレクサDip~DCS/PCS Tx間の経路では信号が通過しやすくなる。一方、コントロール端子VC2がLowの時には第3のダイオードD3もOFFとなりダイプレクサDip~DCS/PCS Tx間の経路では信号は通過できず、また第4のダイオードD4もOFFであるのでダイプレクサDip~PCS RxおよびダイプレクサDip~DCS Rx間の経路では信号が通過しやすくなる。

### 【0030】

また、コントロール端子VC3がHighの時には、PINダイオードD6には接続ワイヤなどの寄生インダクタンスが存在するため、容量C10と直列共振するように容量C10の容量値を設定する。これによりコントロール端子VC3がHighの時には、第5、第6のダイオードD5、D6は共にONとなり、第6のダイオードD6と伝送線路L10の接続点がグラウンドレベルとなり、 $\lambda/4$ 共振器である伝送線路L10の反対側のインピーダンスが無限大となる。したがって、コントロール端子VC3がHighの時にはDCS Rx間の経路には信号は通過できず、また第6のダイオードD6もOFFであるのでPCS Rx間の経路では信号が通過しやすくなる。逆にコントロール端子VC3がLowの時には第5のダイオードD5もOFFとなり、PCS Rx間の経路には信号は通過できず、DCS Rx間の経路では信号が通過しやすくなる。以上の構成により、コントロール端子VC2がHighの時にはDCS/PCS Txへ、コントロール端子VC2、VC3がそれぞれLow、Highの時にはPCS Rxへ、コントロール端子VC2およびコントロール端子VC3がLowの時にはDCS Rxへの切り替えが可能となる。

### 【0031】

第1のローパスフィルタLPF1は、伝送線路L11および容量C11~C13より構成される $\pi$ 型のローパスフィルタである。ここでL11とC11は並列共振回路を構成し、その共振周波数はEGSMの送信周波数の2倍もしくは3倍の周波数に設定する。本実施例では3倍の2.7GHzに設定した。以上の構成によりパワーアンプから入力されるEGSM側の送信信号に含まれる高調波歪みを除去できる。

第1のローパスフィルタLPF1は第1の高周波スイッチSW1の第1のダイオードD

1と伝送線路L5の間に配置しているが、これはダイプレクサDipと第1の高周波スイッチSW1との間に配置しても良いし、前記伝送線路L5とEGSM Txとの間に配置しても良い。前記第1のローパスフィルタLPF1のグランドに接続する容量を伝送線路L5と並列に配置すれば、並列共振回路を構成することとなり、伝送線路L5の線路長を $\lambda/4$ よりも短く構成でき、またチョークコイルのインダクタンス値を小さくすることが出来る。

### 【0032】

第2のローパスフィルタLPF2は、伝送線路L12および容量C14～C16より構成される $\pi$ 型のローパスフィルタである。ここで伝送線路L12と容量C14は並列共振回路を構成し、その共振周波数はDCS/PCS送信周波数の2倍もしくは3倍の周波数に設定する。本実施例では2倍の3.6GHzに設定した。以上の構成によりパワーアンプから入力されるDCS/PCS側の送信信号に含まれる高調波歪みを除去できる。

第2のローパスフィルタLPF2も第1のローパスフィルタLPF1と同様に、ダイプレクサDipと第2の高周波スイッチSW2との間に配置しても良いし、前記伝送線路L7とDCS送信端子DCS Txとの間に配置しても良い。第1、第2のローパスフィルタLPF1、LPF2は、ダイオードD1と伝送線路L5との間、及びダイオードD3と伝送線路L7との間に構成されて、スイッチ回路の中に設けられている。これは回路設計上好ましいが必須ではない。ローパスフィルタは送信信号が通過するダイプレクサ～送信端子との間の送信経路のどこかの位置に設けてあれば良い。

### 【0033】

また、EGSM系をさらにGSM850(送信周波数：824～849MHz、受信周波数：869～894MHz)とEGSMに分けて、クワッドバンド対応とすることもできる。この場合、送信系は共通端子を用いることができ、受信系は前記トリプルバンド対応アンテナスイッチのEGSM受信端子部にGSM850とEGSMを切り替えるスイッチを接続することにより構成できる。また、前記スイッチの代わりにGSM850、EGSM帯の $\lambda/4$ 共振器である伝送線路を用いて、両者間の周波数を分けることでも実現できる。

### 【0034】

図7はマルチバンド用高周波複合部品を構成する高周波増幅器側の回路図を示す。高周波増幅器側の整合回路端の出力端子P0を図6のアンテナスイッチモジ

ジュールの例えばEGSM Txの送信端子P1に接続し、増幅した送信信号をアンテナスイッチ側に送る役割を果たす。出力端子P0には、直流カットコンデンサCa2を介して、伝送線路ASL1の一端が接続される。伝送線路ASL1には一端を接地されたコンデンサCa3、Ca4が接続されて出力整合回路を構成する。伝送線路ASL1の他端は、半導体素子の一種である電界効果スイッチングトランジスタ(FET) Q1のドレインに接続される。また、FET Q1のソースは接地され、ゲートはバイポーラススイッチング素子(B-Tr) Q2のコレクタに接続される。

### 【0035】

他方、伝送線路ASL1の他端と電界効果スイッチングトランジスタFET Q1のドレインDとの接続点は、 $\lambda/4$  ストリップライン等からなるインダクタSL1とコンデンサCa5との直列回路を介して接地され、インダクタSL1とコンデンサCa5との接続点はドレイン電圧端子Vdd1に接続されている。また、電界効果スイッチングトランジスタFET Q1のゲートとバイポーラススイッチング素子Q2のコレクタとの接続点は、コンデンサCa6を介して接地されると共にゲート電圧端子Vgにも接続される。

### 【0036】

更に、バイポーラススイッチング素子Q2のエミッタは接地され、ベースは伝送線路SL3の一端に接続される。バイポーラススイッチング素子Q2のコレクタは、ストリップライン等からなるインダクタSL2とコンデンサCa7との直列回路を介して接地され、インダクタSL2とコンデンサCa7との接続点は、コレクタ電圧端子Vcに接続される。また、インダクタSL2とコンデンサCa7との接続点は、バイポーラススイッチング素子Q2のベースと伝送線路SL3の一端との接続点にも接続される。伝送線路SL3の他端は、コンデンサCa8を介して接地されると共に入力端子Pinに接続される。

### 【0037】

尚、図6及び図7の等価回路において伝送線路及びインダクタはストリップラインで構成されることが多いものの、マイクロストリップライン、コプレーナガイドライン等で構成されていてもよい。また、スイッチ回路のスイッチング素子としてpinダイオードを用いたが、これはSP3T (Single Pole 3 Throw) 等のGaAs

スイッチを用いても良い。トランジスタはQ1をFET、Q2をB-Trとしたが、それ以外の種類のトランジスタでも良い。例えば、Si-MOSFET、GaAsFET、Siバイポーラトランジスタ、GaAsHBT（ヘテロ接合バイポーラトランジスタ）、HEMT（高電子移動度トランジスタ）等があげられる。もちろん、いくつものトランジスタを集積化したMMIC（モノリシックマイクロ波集積回路）を用いても良い。また、本実施例では伝送線路SL3とトランジスタQ2の間を直接繋いでいるが、抵抗を介して接続しても良い。

### 【0038】

アンテナスイッチモジュールと高周波増幅器間の位相調整は、位相調整回路として伝送線路またはハイパスフィルタやローパスフィルタ等のLC回路を挿入することで実施できる。

例えば、図8は伝送線路での実施例である。増幅器出力側には半導体素子FET（電界効果型トランジスタ）Q1があり、このトランジスタQ1のドレイン端子Dには伝送線路あるいはインダクタSL1を介して電源供給端子Vdd1より電源が供給される。ドレイン端子Dは伝送線路ASL1と直流カットコンデンサCa2を介し出力端子P0に繋がっている。アンテナスイッチ送信側は送信端子P1に直流カットコンデンサCa1と伝送線路ASL2が接続され、その後方には送信系回路の一部である伝送線路L5とLC回路からなるローパスフィルタLPFが繋がっている。出力端子P0と送信端子P1を接続する際にはコンデンサCa1、Ca2の一方を省略できる。そして、ここにLC回路を挿入する及び／又は伝送線路ASL1、ASL2を位相調整回路とするものである。伝送線路ASL2は送信端子P1とローパスフィルタLPFを積層体内で接続するために必要とされるのでこれを同時に利用する。実際の設定にあたっては、先ず、増幅器出力側の伝送線路ASL1の長さあるいは幅を調整しながら適切な位置に適切な容量のコンデンサCa3、Ca4を挿入し、アンテナスイッチの入力インピーダンスの略50Ω整合を図る。次に、必要に応じて伝送線路ASL2の長さあるいは幅を調整する。更に、必要に応じてL5の長さ、幅、LPF送信端子側の並列Cの容量値等も調整しても良い。

### 【0039】

また、調整手段については以下のことが明らかになった。図9に示すように、

(a) 基本周波数において位相調整回路のアンテナスイッチ側からアンテナスイッチを見たときのアンテナスイッチの入力インピーダンス $Z_3$ の位相 $\theta_3$ がスミスチャート上で $\theta_1$ に対し反時計回り方向にある場合は、狙いの位相領域 $\theta_2$ が $\theta_3$ よりも最良位相 $\theta_1$ に近づくように、現在の伝送線路の長さよりも長くする方向に調節し、必要に応じて $L_5$ の長さ、幅、LPF送信端子側の並列Cの容量値等も調整して、 $\theta_3$ を時計回り方向に移動させて調整する。尚、ここで伝送線路の幅を細くしても良いが、定性的にはこのときの位置がスミスチャートの上半円にいるときは時計回りの動きをするが、下半円にいるときは反時計回りに近い動きをする。よって、幅を細くする手段は現在位置と回転方向の考慮が必要となる。

(b) 同じく位相 $\theta_3$ が $\theta_1$ に対し時計回り方向にある場合は、狙いの位相領域 $\theta_2$ が $\theta_3$ よりも最良位相 $\theta_1$ に近づくように、現在の伝送線路の長さよりも短くする方向に調節し、必要に応じて $L_5$ の長さ、幅、LPF送信端子側の並列Cの容量値等も調整して、 $\theta_3$ を反時計回り方向に移動させる。尚、伝送線路ASL1側は太く短くする調整の方が望ましい。但し、伝送線路の幅を太くする場合は、細くする場合とは反対にスミスチャートの上半円にいるときは反時計回りの動きをするが、下半円にいるときは時計回りに近い動きをするので、この場合も現在位置と回転方向の考慮が必要となる。

#### 【0040】

これらの調整でも間に合わない範囲もしくはモジュール化後に微調整がしたい場合などは、

(c) 位相 $\theta_3$ が $\theta_1$ に対し反時計回り方向にある場合は、狙いの位相領域 $\theta_2$ が $\theta_3$ よりも最良位相 $\theta_1$ に近づくように、図10①～④のLC回路からなるローパスフィルタを挿入する。ここで直流カットコンデンサ $Ca_1$ 、 $Ca_2$ のどちらか一方は省略できるので、ここでは $Ca_1$ を省略し点線で示している。また、②、④でアンテナスイッチ側のコンデンサ $Ca_1$ を省略すればグランドに落ちる伝送線路 $L_5$ と並列共振を作ることが出来る。この場合伝送線路 $L_5$ が短くてすみ、積層時のレイアウト調整に都合が良い。

(d) 位相 $\theta_3$ が $\theta_1$ に対し時計回り方向にある場合は、狙いの位相領域 $\theta_2$ が $\theta_3$ よりも最良位相 $\theta_1$ に近づくように、図11①～④のLC回路からなるハイパ



スフィルタを挿入する。この場合もどちらか一方の直流カットコンデンサCa1、Ca2は省略できるし、他方のCは実質無くても動作するので、結局、高周波増幅器側のコンデンサCa2あるいはCだけを残しておき、他端が接地されたインダクタLあるいは伝送線路SLの一端をアンテナスイッチ側に接続して構成すれば良い。従って、ハイパスフィルタを挿入する場合の位相調整は回路が簡略されて望ましい。以上の調整手段も本発明の特徴である。

#### 【0041】

本実施例ではアンテナスイッチモジュール側のEGSM Tx端子P1とハイパワーアンプ側のEGSM出力端子P0間にハイパスフィルタを挿入して位相調整を行った。これにより、送信帯域( $f$ )におけるアンテナスイッチ側の位相 $\theta_2$ が上述した低挿入損失、広帯域整合領域に調整でき、かつ、2倍高調波( $2f$ )、3倍高調波( $3f$ )のインピーダンス位置を非共役整合位置に調整できた。

これにより送信特性で重要な電力付加効率に関して、広帯域化の効果が顕著に現われた。図12にEGSM送信帯域における電力付加効率を示す。これは周波数に対する電力付加効率の変化をプロットしており、比較のため位相調整前(比較例)と調整後(実施例)を同図中に示した。比較例では効率のピーク値が低く、ロスが非常に大きくなっており、ピーク付近の波形は急峻で狭帯域であった。一方、本実施例を適用した調整後には、効率のピーク値が大幅に向上し、低挿入損失化が図られ、かつ、ピーク付近の波形は緩やかで広帯域となっていることが分かる。

#### 【0042】

本実施例では18nHのインダクタと6pFのコンデンサで構成したハイパスフィルタを挿入した。図13にハイパスフィルタ挿入前後のスミスチャート上での基本波、2倍波、3倍波インピーダンス位置を示す。基本波における共役整合に相当する位相 $\theta_1$ は-130度程度である。ハイパスフィルタ挿入後は $\theta_2$ を目標とする位相領域内である $\theta_1-10$ 度程度と非常に有効な位置に調整できている。また、 $n$ 倍高調波に関しては、 $2f$ の方が目標とする $\theta_0$ により近い $\theta_0-90$ 度の領域に、 $3f$ は $\theta_0-120$ 度の領域に調整することができている。本例では調整前、調整後ともHPA部とASM部は全く同じものを用いており、単体での特性は既に最適化してあ

る。しかしながら、各々をそのまま接続すると、図12の調整前レベルの効率しか得られないが、この状態から位相調整回路を挿入することにより、相互の位相関係を最適位相に調整することができ、調整後レベルの低挿入損失、広帯域の特性を得ることができた。以上により、本発明が特性向上に有効な手段であることが確認された。

尚、 $n$ 次高調波の抑制にも非常に効果的であることは別出願で詳細な説明をしているため、本願では割愛する。

また、DCS/PCS系についても同様の効果が得られることを確認している。

#### 【0043】

図14は、図6の等価回路で示される高周波（アンテナ）スイッチモジュールと図7の等価回路で示される高周波増幅器を一つの積層体内に収めた複合積層モジュールのうち上部の1～3層、中間の7～8層及び下層の13～15層の誘電体グリーンシートを抜き出した展開図である。誘電体グリーンシートは①が最上層で以下順に15層で構成され、最後のシート(15)は積層体の裏面を示している。

本実施例で使用した誘電体グリーンシート（以下、グリーンシート或いはシートと言う。）は950℃以下の低温焼成が可能なLTCC材料からなる。例えば、 $Al_2O_3$ 換算で10～60質量%、 $SiO_2$ 換算で25～60質量%、 $SrO$ 換算で7.5～50質量%、 $TiO_2$ 換算で20質量%以下のAl, Si, Sr, Tiと、 $Bi_2O_3$ 換算で0.1～10質量%、 $Na_2O$ 換算で0.1～5質量%、 $K_2O$ 換算で0.1～5質量%、 $CuO$ 換算で0.01～5質量%、 $MnO_2$ 換算で0.01～5質量%のBi、Na、K、Cu、Mnをそれぞれ含有した誘電体組成物が用いられる。

#### 【0044】

グリーンシートは伝送線路や容量を形成しやすいようにシート厚みは40～200 $\mu m$ のものを使用した。電極材は銀系のものを用いた。このグリーンシートの各層に伝送線路やコンデンサ容量を電極パターンにより形成し、適宜スルーホールを設けて回路を構成した。このグリーンシートを順次積層圧着し、950℃で焼成することにより高周波部品が複合化された積層体モジュールが得られる。積層体の大きさは横13.75mm×縦8mm×高さ0.75mm程度であり、積層体の上面には

ダイオードやトランジスタ及びチップインダクタ、チップコンデンサ、抵抗体等のチップ素子を搭載し、その上に金属ケース（図示せず）を被せて完成品とする。完成後の全高は1.8mm程度である。ただし、金属ケースの代わりに、樹脂封止パッケージとしても良く、この場合の全高は1.5mm程度である。

#### 【0045】

積層体内の概略構成は、アンテナスイッチ積層モジュール側は、上部層に分波器及びローパスフィルタを構成する伝送線路L1、L2、L3、L4等を、中間層に分波器、スイッチ回路及びローパスフィルタを構成するコンデンサ容量C1、C3、C6、C10等を、下部層にスイッチ回路を構成する伝送線路L5、L6、L7、L8、L9、L10等が主に形成されている。一方高周波増幅器側は、上部層に初段整合回路の主に伝送線路を、中間層に初段、後段整合回路の主にコンデンサ容量を、下部層にサーマルビアや後段整合回路の主に伝送線路、電源供給用ラインが主に形成されている。グランド電極は第2、3、8、13、14、15層にそれぞれG1、G2、G3、G4、G5、G6と設けられている。本例では中間層を省略しているのでグランド電極や伝送線路、コンデンサ容量の全てを表していないが、概略上記のような配置によってそれぞれ電極パターンにより形成されている。積層体への搭載部品あるいは基板外付け部品は、上記したようにダイオードD1～D6、トランジスタQ1～Q3、チップコンデンサC5、C8、Ca5～Ca7、抵抗体R1～R3などがある。

#### 【0046】

高周波増幅器とアンテナスイッチモジュールの接続は上層にあり、相互干渉を避けるためにグリーンシート①の伝送線路ASL1（高周波増幅器側の線路）とグリーンシート②の伝送線路ASL2（アンテナスイッチモジュール側の引廻し線路）とは層を変えて且つ上下に重ならないような位置に形成している。本例では両者の間に位相調整用のハイパスフィルタを介在させているが、これはLC回路をチップインダクタとチップコンデンサで構成し積層体の上面に搭載している。これにより積層体モジュールを作成した後でも調整が出来るので、試作調整に時間がかからず望ましい。また伝送線路ASL1とASL2上下異なる層で且つ投影上で干渉しない位置に設けたので両高周波部品間の干渉をここでも避けることが出来ている。また、表層において、ASL1とシールド電極を挟んでアンテナスイッチ側には、ロ

ーパスフィルタよりもアンテナ側の回路パターンが存在するため、ASL1とこのパターンが電磁気的な結合を起こすと、ローパスフィルタを介さず、不要高周波電力がそのままアンテナから出力されることとなる。本実施例のようにこの間をシールド電極で分離することによって、上記のような結合を回避することができ、高周波特性の向上に役立っている。

#### 【0047】

図14に示すようにこの複合積層モジュールは、高周波増幅器を構成する電極パターンは左側領域に、他方アンテナスイッチモジュールを構成する電極パターンは右側領域に形成し、グリーンシートは積層方向全てに渡って2つの領域に区分して構成している。さらに第1層の左右領域の間に帯状のシールド電極SGを設け、このシールド電極SGから積層方向の全層にわたってスルーホール電極HGを縦列して設けている。スルーホール電極HGは、シールド電極SGから3層目のグラウンド電極G2、8層目のグラウンド電極G3、13層目のグラウンド電極G4そして最下層のグラウンド電極G6にも繋がっており、両高周波部品間の相互干渉を抑制するとともに、上下方向にある電極パターン間の相互干渉の抑制にも効果がある。寸法配置的に余裕がある場合は、全層のグリーンシートに帯状のシールド電極SGを設けることが望ましい。しかし多くの場合それが出来ないでグラウンド電極を兼用して用いてシールド電極SGの作用を引き出すことができる。シールド電極を設けるにしても、グラウンド電極を兼用するにしても、これらは伝送線路の電極パターンを形成したグリーンシート上に設けるか、あるいは当該シートの上下何れかのシートに設けることが望ましい。

#### 【0048】

縦列したスルーホール電極HGは、その間隔を考慮する必要がある。出来るだけ間隔が広がらない方が良いが、製造上また相互干渉の抑制効果の傾向からスルーホール電極HGの間隔  $g$  は、干渉を防ぎたい最も高い周波数の波長( $\lambda$ )の  $1/4$  以下とする必要がある。実際のところではほぼ  $\lambda/10 \sim \lambda/50$  程度で遮蔽効果が高まることが分かった。この実施例では間隔  $g$  は不等間隔であるが、おおよそDCS帯の3倍波(5.4GHz近傍)の  $\lambda/20$  (略1mm)  $\sim \lambda/25$  程度とした。

このように縦列したスルーホール電極HGは間欠的に設けているので層間の密着

強度が高まり強度が増すと言う効果も備えている。ここでスルーホールは必ずしも直線上に設ける必要は無く、例えば図14の7層目及びそれ以下の層で見られるように電極パターンの配置等を考慮し適宜ずらして設けてもよい。さらに、縦列したスルーホール電極を並列に、かつ間隙を埋めるようにずらして設けることもできる。この場合、より高いシールド効果が期待できる。余裕があれば3列以上に並列して設けても良いことはもちろんである。

以上の複合積層モジュールは、シールド電極SG及び／又はグランド電極とスルーホール電極HGによるグランド遮蔽効果により両者高周波部品間のノイズ等の相互干渉が無くなり、高周波増幅器の発振等の不安定動作を防止できる。また必要信号(送信信号)と不要信号とのスプリアス発生を抑えることができ、通過特性の悪化を防止できる。さらに、高周波部品を一つの積層体の中に集約したのでその占有面積は、従来のパワーアンプとアンテナスイッチを別々に基板に実装した場合に比べて約50%の小型化が出来ており、携帯電話などの通信機に搭載することで小型軽量化のニーズに答えることが出来る。

#### 【0049】

図6に示したアンテナスイッチモジュールの等価回路、図7に示した高周波増幅器の等価回路は一例である。例えば、スイッチ回路はpinダイオードを用いた例を示したが、SPDT (Single Pole Dual Throw)、SP3T等のSPnT型のGaAsスイッチを用いてスイッチ回路を構成することも出来る。この場合、単純にpinダイオードスイッチをSPDTのGaAsスイッチに置き換えた場合、pinダイオードスイッチで必要な $\lambda/4$ ラインが不要となるため、積層体内にその分の余裕ができる。このため、このスペースを削減したり、新たに機能素子を形成するなどして更なる小型化、高集積化に有利である。また、分波器まで含めた全体を置き換えることもできる。この場合、トリプルバンドアンテナスイッチを例にとると、SP5TのGaAsスイッチで置き換えれば全経路のスイッチングが可能となる。その上、上記したように $\lambda/4$ ラインが数本不要となり更なる小型化、高集積化に有利である。ただし、送信側のローパスフィルタや特性を満足させるために挿入する各種フィルタ類は積層体および／または搭載部品で構成することになる。また、この場合、アンテナと直接接続することになるため、GaAsスイッチは静電気サージ対策が施さ

れていることが望ましい。スイッチ自体にサージ未対策のものを使用する場合は、アンテナとGaAsスイッチの間にLC回路等からなるフィルタなどのサージ対策回路を挿入する必要がある。また、増幅器回路側は、半導体素子Q3と電源供給回路を同様に付加して増幅回路を3段、またそれ以上の多段となしハイパワーアンプとして構成することも出来る。

本発明の複合積層モジュールでは、アンテナスイッチモジュールと高周波増幅器の間にカプラ回路やアイソレータ回路を備えても良く、受信系経路にはSAWフィルタを挿入しても良い。また、アンテナスイッチモジュール回路とカプラ回路を複合積層モジュールとしても良い。これらの高周波部品を複合積層モジュール化したときにも、高周波部品回路間に上記したシールド電極あるいは縦列したスルーホール電極を形成して相互干渉を抑制することが有効である。

#### 【0050】

上記した高周波アンテナスイッチモジュールと高周波増幅器を複合化した複合積層モジュールに共用のアンテナを接続し携帯電話などの無線通信機に用いることによって小型軽量化の要求に答えることが出来る。

また、本発明で用いられる送受信系システムとしては、上記した以外にもPDC800帯域(810~960MHz)、GPS帯域(1575.42MHz)、PHS帯域(1895~1920MHz)、Bluetooth帯域(2400~2484MHz)や、米国で普及が見込まれるCDMA2000、中国で普及が見込まれるTD-SCDMA、欧州で普及が見込まれるW-CDMAなどを組み合わせたマルチバンドアンテナスイッチ回路の場合も同様の効果が期待できる。これらの場合の回路を用いてデュアルバンド、3バンド、4バンド、5バンド等のマルチモードマルチバンドの高周波アンテナスイッチ回路が得られる。

#### 【0051】

##### 【発明の効果】

本発明によれば、送信帯域において広帯域整合となし、且つ必要な基本周波数帯域での挿入損失を最小に抑えるようにした損失が無く変換効率の高い特性の優れた高周波複合部品が得られる。さらに一つの積層体内に機能を一体化した安価で小型軽量のマルチバンド型の複合積層モジュールが得られる。そしてこれらを用いた高性能な通信機を提供することができる。

**【図面の簡単な説明】****【図 1】**

本発明においてアンテナスイッチモジュール側の入力位相と高周波増幅器の入力側から見たインピーダンスの偏差を示す特性線図である。

**【図 2】**

本発明において図 1 のインピーダンスの位相調整範囲を示すスミスチャート上での説明図である。

**【図 3】**

本発明において基本周波数にけるアンテナスイッチモジュール側の入力位相と挿入損失を示す特性線図である。

**【図 4】**

本発明においてアンテナスイッチモジュールの入力インピーダンスの位相調整範囲を示すスミスチャート上での説明図である。

**【図 5】**

本発明において位相調整を検討したモデルのブロック図である。

**【図 6】**

本発明の一実施例を示すトリプルバンド用アンテナスイッチモジュールの等価回路図である。

**【図 7】**

本発明の一実施例を示す高周波増幅器の等価回路図である。

**【図 8】**

位相調整の一例を示す高周波増幅器の出力整合回路端子とアンテナスイッチモジュール側の送信端子付近の回路図である。

**【図 9】**

位相調整の手順を説明する簡略的なスミスチャートの説明図である。

**【図 10】**

位相調整の具体的手段の一つであるローパスフィルタを示す回路図である。

**【図 11】**

位相調整の具体的手段の一つであるハイパスフィルタを示す回路図である。

**【図 1 2】**

本発明による位相調整の実施例を示し、周波数と電力付加効率の特性を示す特性図である。

**【図 1 3】**

実施例の位相調整の状況を示すスミスチャート図である。

**【図 1 4】**

本発明の複合積層モジュールの一実施例を示す、誘電体グリーンシートの一部展開図である。

**【図 1 5】**

本発明のマルチバンド用アンテナスイッチモジュールの形態を説明するブロック図である。

**【符号の説明】**

ASM：アンテナスイッチモジュール（高周波スイッチモジュール）

HPA：ハイパワーアンプ（高周波増幅器）

Dip：ダイプレクサ（分波器）

SW：スイッチ回路

LPF：ローパスフィルタ回路

SAW：弾性表面波フィルタ

L、SL、ASL：インダクタ、伝送線路

C、Ca：コンデンサ

Q 1、Q 2：半導体スイッチング素子

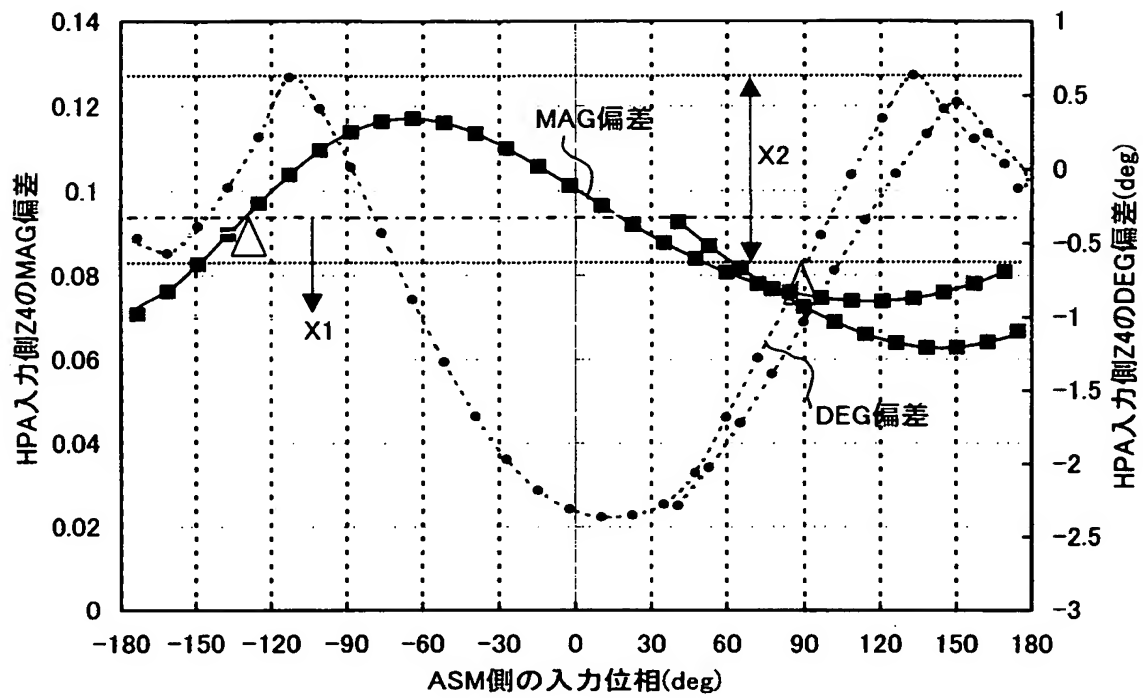
SG：シールド電極

HG：スルーホールによるシールド電極

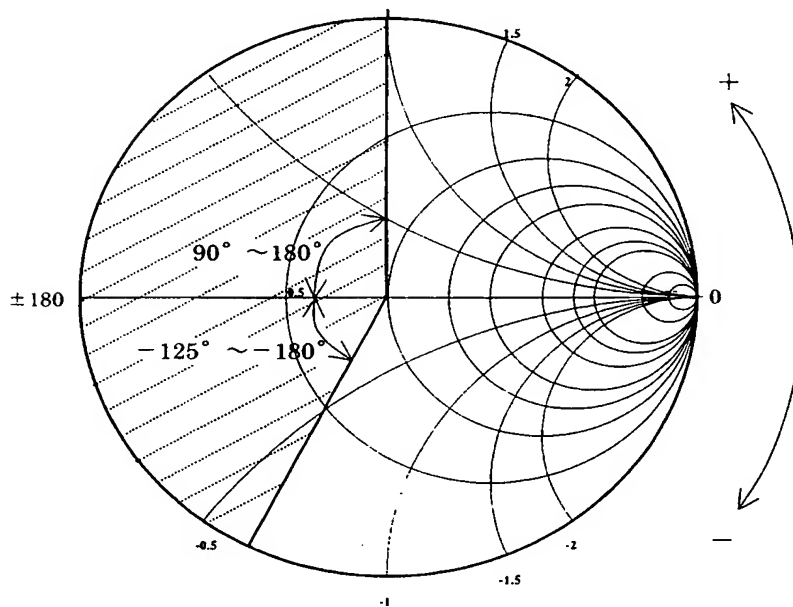


【書類名】 図面

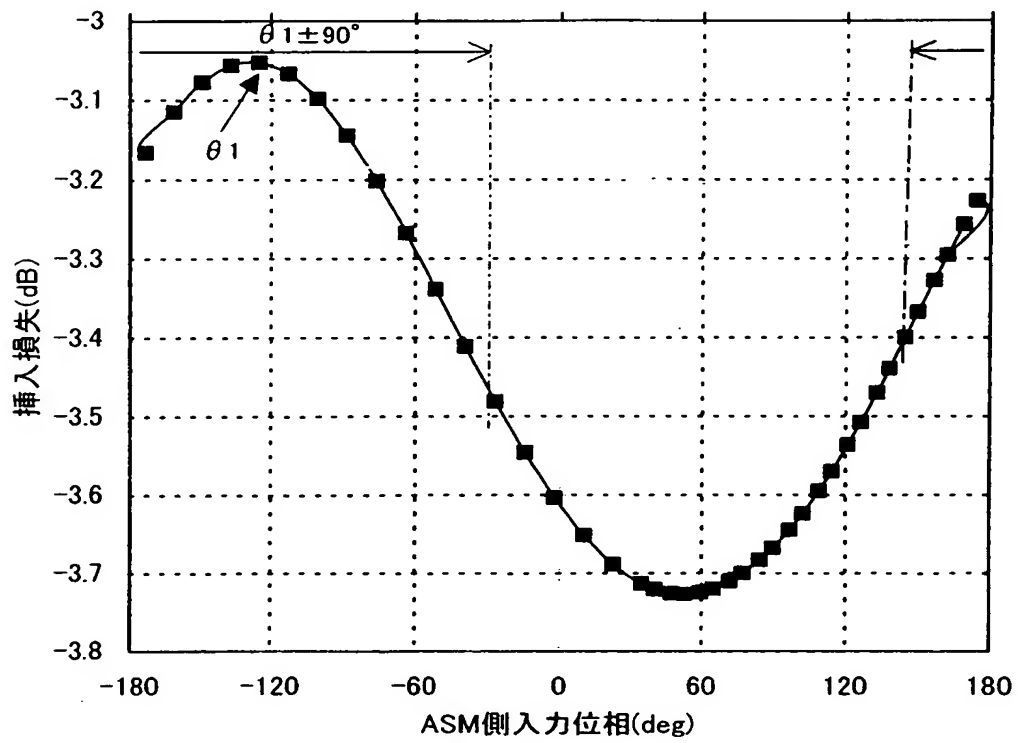
【図 1】



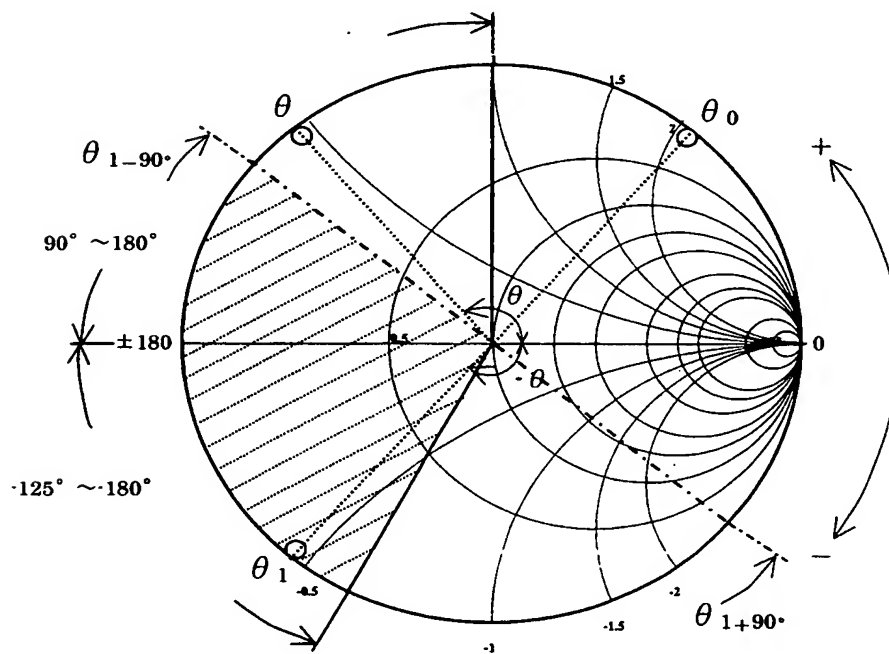
【図 2】



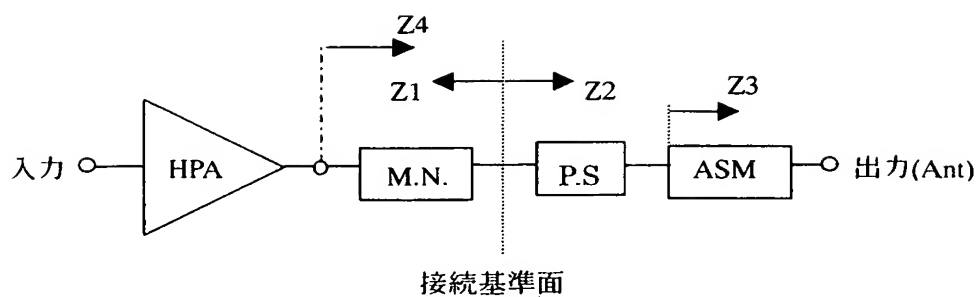
【図 3】



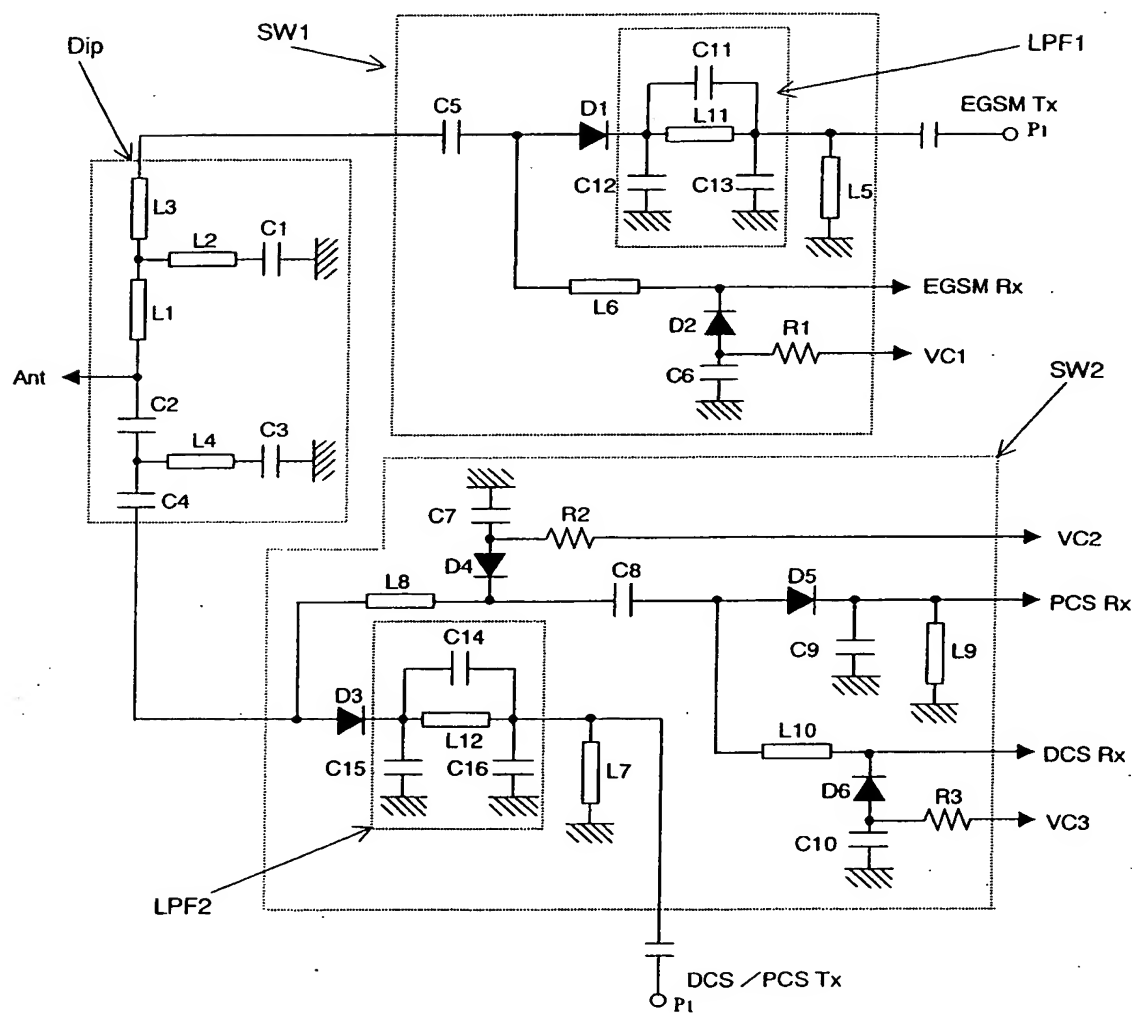
【図 4】



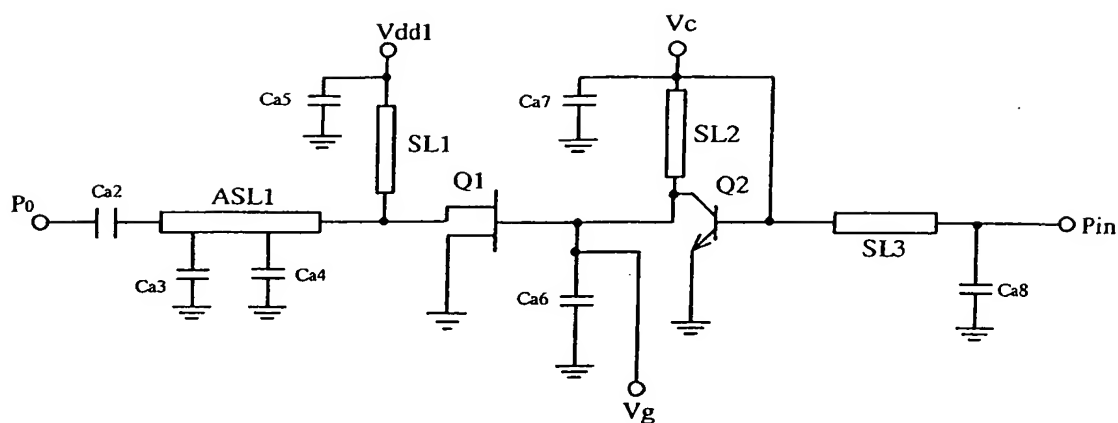
【図 5】



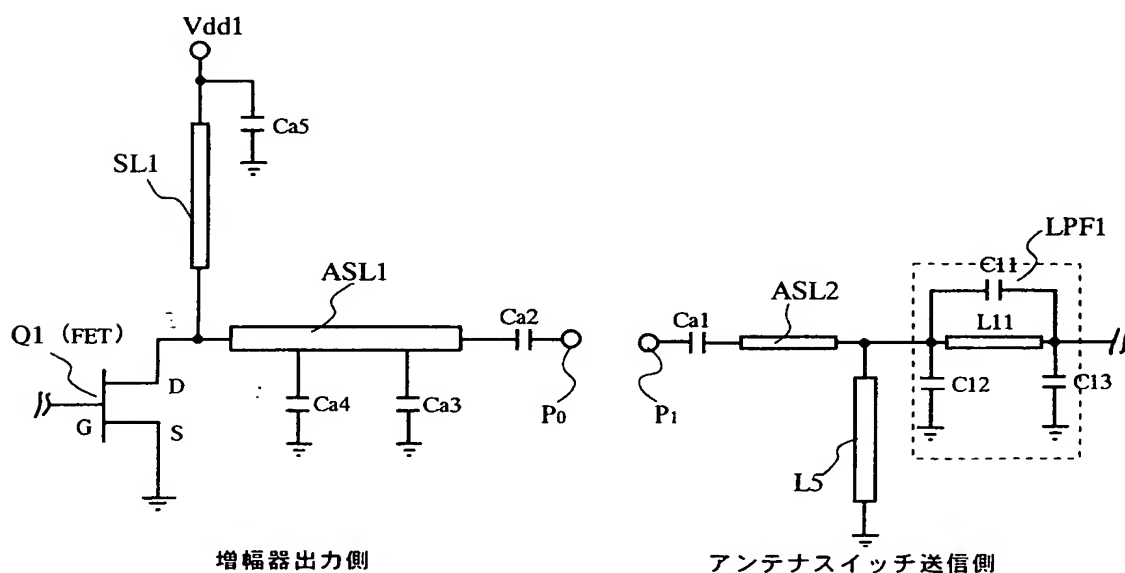
【図 6】



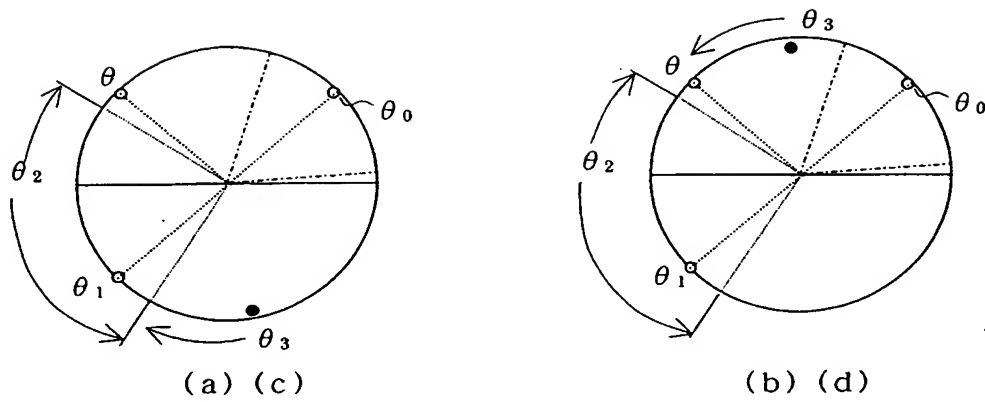
【図 7】



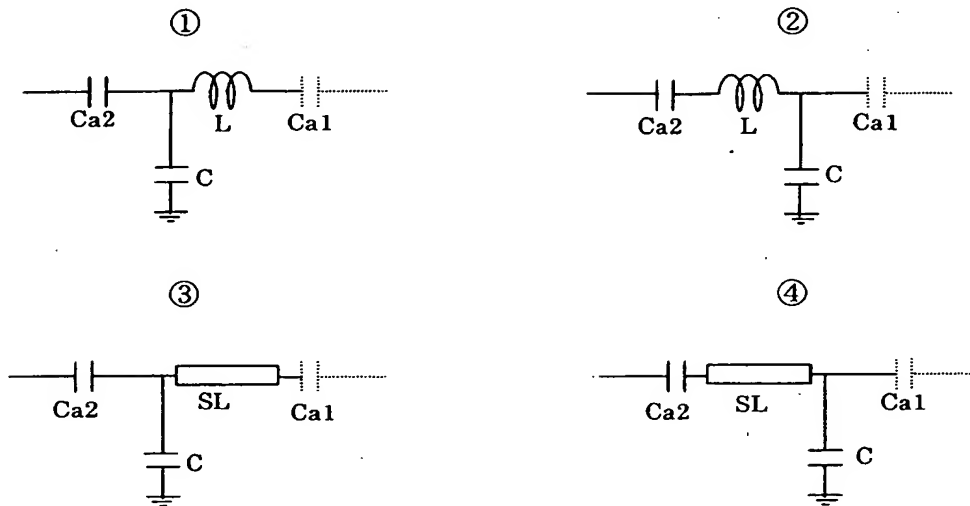
【図 8】



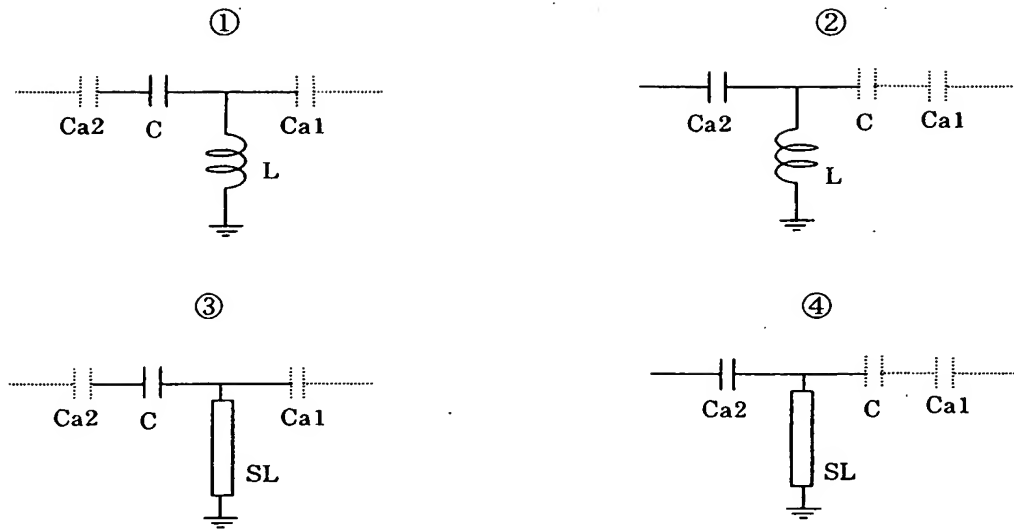
【図 9】



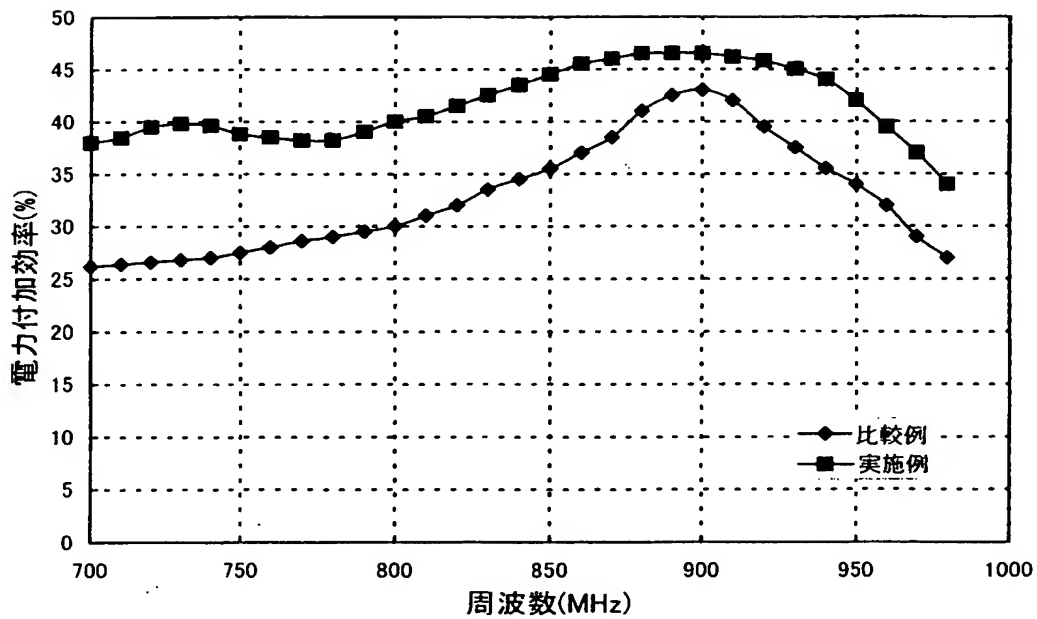
【図 10】



【図 1 1】

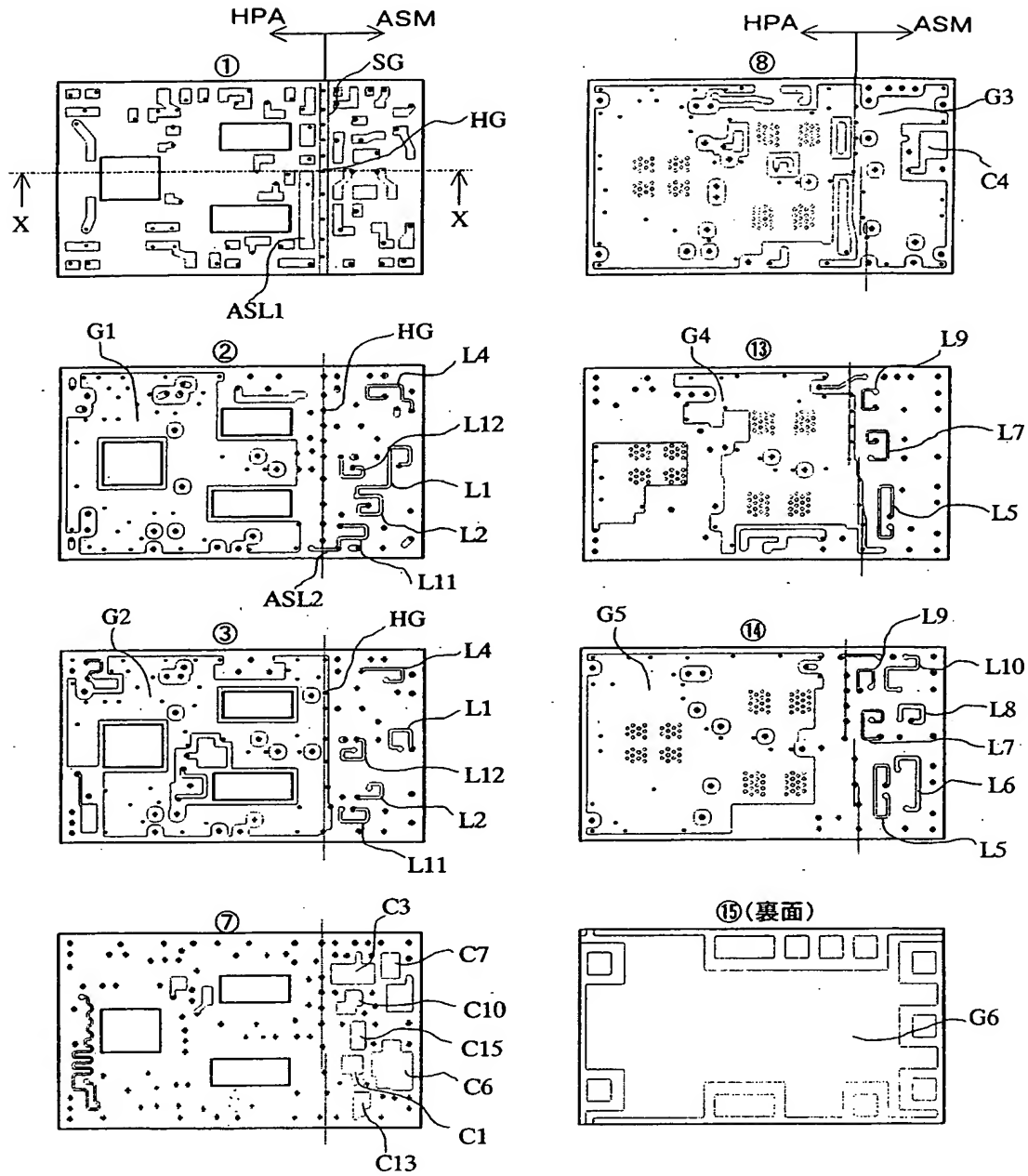


【図 1 2】



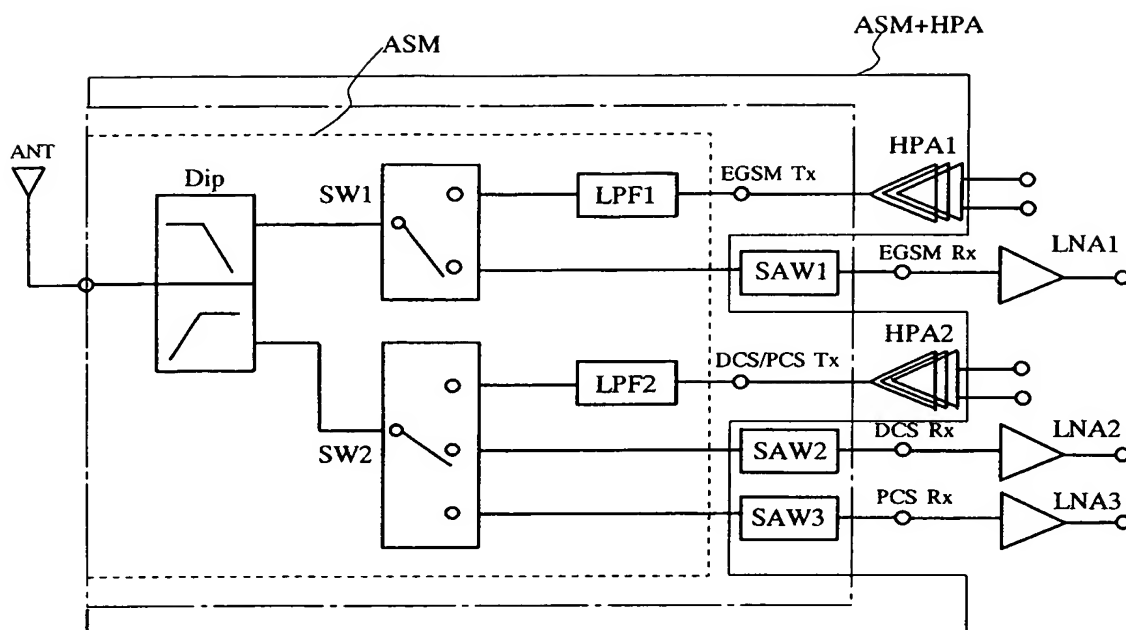


【図 14】





【図 15】



【書類名】 要約書

【課題】 送信帯域において広帯域整合となし、且つ基本周波数帯域での挿入損失を最小に抑えた高周波複合部品を提供する。

【解決手段】 高周波増幅器回路と、後段の高周波スイッチ回路（アンテナスイッチモジュール）とを位相調整回路を介して接続し、前記位相調整回路の接続基準面から高周波スイッチ回路側を見たときのインピーダンス $Z_2$ の位相 $\theta_2$ を $-125$ 度 $\sim 90$ 度の領域に位相調整することにより、送信帯域における広帯域整合を実現でき、さらに、接続基準面から高周波増幅器側を見たときのインピーダンス $Z_1$ と、高周波スイッチ回路側を見たときのインピーダンス $Z_2$ との関係が、 $Z_1$ の位相 $\theta$ の共役整合の関係にある位相を $\theta_1$ としたとき、前記インピーダンス $Z_2$ の位相 $\theta_2$ を必要な基本周波数帯域においては $\theta_1 \pm 90$ 度の共役整合領域内の範囲に上記 $\theta_2$ を重ねて位相調整すれば低挿入損失をも実現できる。

【選択図】 図 1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2 0 0 2 - 3 1 0 8 7 4
受付番号	5 0 2 0 1 6 1 1 0 2 9
書類名	特許願
担当官	第七担当上席 0 0 9 6
作成日	平成 1 4 年 1 0 月 2 8 日

< 認定情報・付加情報 >

【提出日】	平成14年10月25日
-------	-------------

次頁無

特願 2 0 0 2 - 3 1 0 8 7 4

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 0 0 5 0 8 3 ]

1. 変更年月日      1 9 9 0 年    8 月 1 0 日  
  [変更理由]      新規登録  
                    住 所      東京都千代田区丸の内 2 丁目 1 番 2 号  
                    氏 名      日立金属株式会社
  
2. 変更年月日      1 9 9 9 年    8 月 1 6 日  
  [変更理由]      住所変更  
                    住 所      東京都港区芝浦一丁目 2 番 1 号  
                    氏 名      日立金属株式会社